〈目次〉

第 1 講　遺伝子の発現とその調節 …………………………………………………… p. 2
第 2 講　生殖と発生 ………………………………………………………………… p. 10
第 3 講　生物の環境応答 …………………………………………………………… p. 18
第 4 講　生態系と進化 ……………………………………………………………… p. 24

第１講　遺伝子の発現とその調節

【１】 次の文章を読み，問１～問４に答えよ。

①遺伝子の発現制御は，細菌から動植物に至るまですべての細胞に備わっている機能である。

原核生物における遺伝子の発現調節は，栄養条件の変化が関与していることが知られている。②原核生物である大腸菌は通常炭素源としてグルコースを利用するが，ラクトースなどの糖も利用できる。ラクトースを代謝するためのいくつかの酵素遺伝子（β‐ガラクトシダーゼなど3種類の酵素）は，DNAの別の場所に存在する調節遺伝子によって発現が制御されている。調節遺伝子から作られる調節タンパク質（リプレッサー）は［1］が結合するプロモーターのすぐそばにある［2］に結合する。また，調節タンパク質の［2］への結合は，ラクトースに由来する誘導物質によって調節されている。このように，大腸菌では複数のタンパク質をコードする遺伝子群が1つのプロモーターによって調節される。これら遺伝子群とそれらの発現を調節するDNA配列のまとまりのことを［3］という。

一方，真核生物のDNAはヒストンなどと結合して［4］とよばれる構造を形成している。［4］は折りたたまれ，クロマチン繊維を形作っている。このような状態では遺伝子の発現調節は起こらないが，ヒストンが修飾を受けてDNAとの結合が弱くなることで，DNAのプロモーター領域に基本転写因子や［1］が結合できるようになり，遺伝子の転写が開始される。プロモーター領域から離れた位置には転写調節領域があり，この領域に結合したリプレッサーや活性化因子などの転写調節因子が転写複合体に作用して転写を調節する。③転写調節領域は1つの遺伝子に対して複数存在することが多く，さまざまな刺激に応答して転写調節がおこなわれている。

問１　文章中の［1］～［4］にあてはまる語句を記せ。

問２　下線部①について，遺伝子の発現制御と関係ないものはどれか。以下の(ア)～(オ)から１つ選び，記号で答えよ。

(ア)　筋肉の前駆細胞である筋芽細胞が筋管細胞へと分化する。

(イ)　キイロショウジョウバエのだ腺染色体にパフが観察される。

(ウ)　筋収縮において，アクチンフィラメントがサルコメアの中央部に滑り込む。

(エ)　ステロイドホルモンが核内受容体に結合する。

(オ)　mRNAの一部と同じ塩基配列をもつ短い2本鎖RNAが細胞中にあると，mRNAが分解される。

問３　下線部②について，培地に炭素源としてグルコースとラクトースを等量加え大腸菌を培養した。以下の問に答えよ。

⑴　グルコースとラクトースの量の変化について，最も適当なものを図1の㈠〜㈣から1つ選び，記号で答えよ。

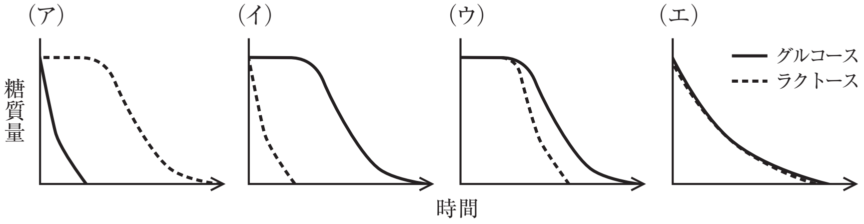


図１

⑵　β-ガラクトシダーゼの発現はどのように変化するか。図１における培地中の糖質量の変化を踏まえ，50字以内で説明せよ。

問４　下線部③について，遺伝子の発現調節機構を確かめるために，図２に示すようなレポーターアッセイという実験をおこなった。ある遺伝子の上流域の転写調節領域を図2左側のようにさまざまな長さに分け，発光酵素であるルシフェラーゼ遺伝子を結合させた(遺伝子Ａ～Ｉを作製)。その後，遺伝子Ａ～Ｉを含むプラスミドをそれぞれ培養細胞へ導入し，24時間後に細胞からルシフェラーゼを含むタンパク質抽出物を得た。回収されたタンパク質をルシフェラーゼの基質であるルシフェリンと反応させたところ，図２右側のような発光強度の結果を得た。本実験ではそれぞれの遺伝子が細胞へ導入される割合は同じであるとし，細胞ごとの翻訳効率は同等とする。また，転写調節領域どうしの結合による相乗効果の影響はないものとする。以下の問に答えよ。

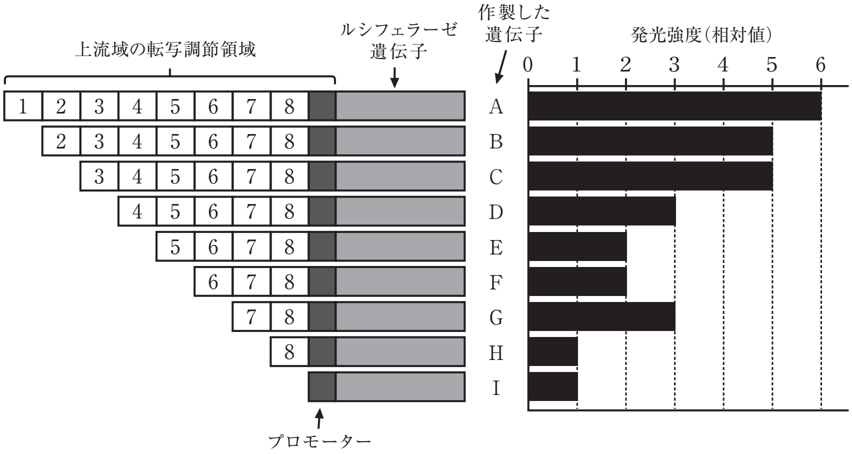


図２

⑴　上流域の転写調節領域について,転写を促進および抑制する領域はどこか。転写促進・抑制領域を，１～８からすべて選び，番号で答えよ。

⑵　上流域の転写調節領域4に転写調節因子と結合できないような点変異を施した遺伝子Ａ′を作製した。遺伝子Ａ′を使った時の発光強度は遺伝子Ａと比べて，どのように変化するか。以下の㈀～㈅から１つ選び，記号で答えよ。

㈀　発光強度が増加する。　　㈁　発光強度が減少する。

㈅　発光強度は変化しない。

⑶　上流域の転写調節領域を選んで図３に示すような遺伝子J〜Mを作製した。これら４種類の遺伝子を使った時の発光強度はどのようになるか。最も適当なものを図４の(ア)〜(オ)から１つ選び，記号で答えよ。ただし，図４は発光強度の一番低い値を１として表している。

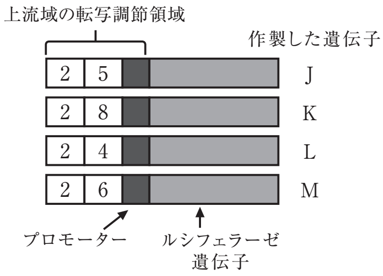


図３

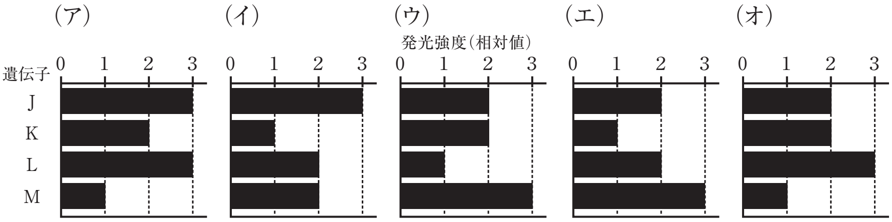


図４

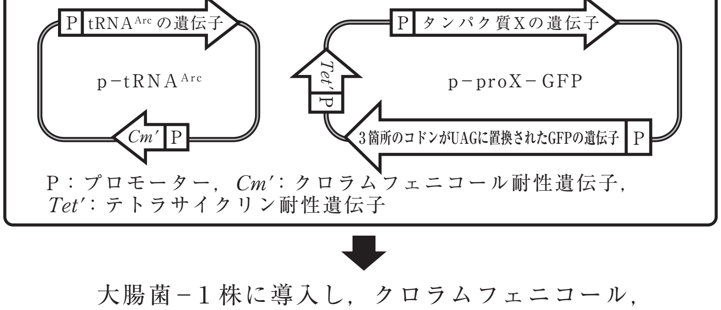
【2】

近年，RNAを用いたバイオテクノロジーの発展が著しい。マイクロRNAとよばれる短い２本鎖RNAから生じた１本鎖のRNAがタンパク質と結合してRISCとよばれる複合体を形成し，このRISC複合体により(a)遺伝子発現が抑制される現象が［ア］である。［ア］は，特定の遺伝子の発現量を低下させる技術として，現代の生命科学研究に応用されている。

また，RNAの機能を利用することにより，天然には存在しないアミノ酸（非天然アミノ酸）を導入したタンパク質を生物に作らせることもできる。大腸菌にはUAGコドンに対応するtRNAがなく，UAGは終止コドンとして働く。一方，一部の古細菌のtRNAの一つ（$tRNA^{Arc}$とよぶ）はUAGコドンに対してチロシンを運搬できることが知られている。$tRNA^{Arc}$を利用し，UAGコドンに対して非天然アミノ酸の一つであるヨードチロシンを導入できる大腸菌を作製するために，以下の実験をおこなった。

〔実験1〕

大腸菌には多数のUAG終止コドンが存在するが，このうち，大腸菌の生存において終止コドンとして厳密に機能する必要のあるUAG終止コドンは7つのみである。UAGを終止コドンからアミノ酸を指定するコドンへと改変するため，まず，これらの(b)7つの必須なUAG終止コドンを他のコドンへと置換し，得られた大腸菌を大腸菌－１株と命名した。次に，図１に示す２種類のプラスミド（p－$tRNA^{Arc}$およびp－proX－GFP）を大腸菌－１株に導入し，これを大腸菌－２株と命名した。p－$tRNA^{Arc}$は，$tRNA^{Arc}$の遺伝子の発現プラスミドであり，p－proX－GFPは(c)タンパク質Xの遺伝子，および3箇所のコドンがUAGに置換された緑色蛍光タンパク質（GFP）の遺伝子の発現プラスミドである。２種類の抗生物質（クロラムフェニコールとテトラサイクリン）を含む栄養培地で大腸菌－2株を培養し，$tRNA^{Arc}$の遺伝子，タンパク質Xの遺伝子，および３箇所のコドンがUAGに置換されたGFPの遺伝子を発現させた結果，GFPの蛍光が観測され，大腸菌－２株がGFPの遺伝子のUAGコドンに対してチロシンを導入できることが確認された。



大腸菌－１株に導入し，クロラムフェニコール，
テトラサイクリンを含む栄養培地で培養

図１

〔実験２〕

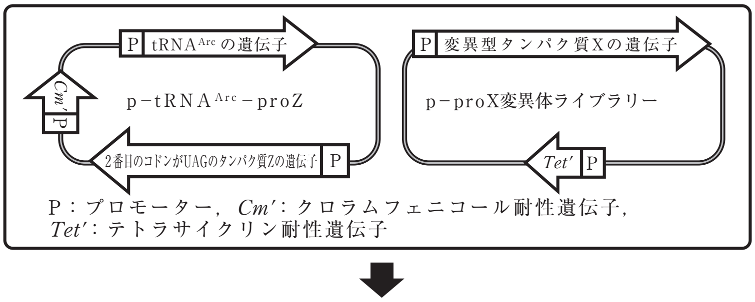
大腸菌－２株は，GFPの遺伝子のUAGコドンに対してチロシンを導入できたが，その導入効率は十分ではなく，UAGの部位までしか翻訳されていない不完全長のGFPの発現が見られた。これを改善するために，まず，大腸菌－１株の(d)タンパク質Yの遺伝子を欠損させ，得られた大腸菌を大腸菌－3株と命名した。大腸菌－3株にp－tRNA^{Arc}およびp－proX－GFPを導入して，tRNA^{Arc}の遺伝子，タンパク質Xの遺伝子，および3箇所のコドンがUAGに置換されたGFPの遺伝子を発現させたところ，GFPの遺伝子のすべてのUAGコドンに対してチロシンが導入された。

〔実験3〕

次に，以下の実験をおこない，UAGコドンに対してチロシンではなくヨードチロシンを導入できるように，タンパク質Xの機能を改変した。

タンパク質Xの４つの重要なアミノ酸残基を選択し，これらに対応するコドンに無作為に変異を導入し，約10^8種類の変異型タンパク質X遺伝子の発現プラスミドの混合物(p－proX変異体ライブラリー)を得た(図２)。p－proX変異体ライブラリーと，tRNA^{Arc}の遺伝子，および２番目のコドンがUAGに置換された(e)タンパク質Zの遺伝子の発現プラスミド(p－tRNA^{Arc}－proZ)を大腸菌－３株に導入し(図２)，(f)テトラサイクリン，クロラムフェニコール，アンピシリン，およびヨードチロシンを含む栄養培地中で培養したところ，複数のコロニーが得られた。得られたコロニーの一部を用い，(g)ある条件下での生育を確認することにより１つのコロニーを得て，その大腸菌が発現する変異型タンパク質Xをヨードチロシン型タンパク質Xと命名した。tRNA^{Arc}の遺伝子，およびヨードチロシン型タンパク質Xの遺伝子を発現させることにより，大腸菌－３株はUAGに対応する部位に効率よくヨードチロシンを導入することができるようになった。

なお，各々の大腸菌にはp－proX変異体ライブラリーのうちの1種類のプラスミドとp－tRNA^{Arc}－proZが導入されており，また，ヨードチロシンを培地中に添加しても大腸菌の生育には影響を与えないものとする。



大腸菌－3株に導入し，クロラムフェニコール，テトラサイクリン，アンピリシン，およびヨードチロシンをを含む栄養培地で培養

図2

問(1)　文中の ア に最も適切な語句を入れよ。

問(2)　下線部(a)について，RISCは2種類の機構で遺伝子発現を抑制する。どのような機構かをそれぞれ15字以内で記せ。

問(3)　下線部(b)において，置換することが可能なコドンを表1の遺伝暗号表よりすべて選び，そのコドンを記せ。

表１　遺伝暗号表

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="4">2番目の塩基</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>U</td><td>C</td><td>A</td><td>G</td></tr>
<tr><td rowspan="16">1番目の塩基</td><td rowspan="4">U</td><td rowspan="2">フェニルアラニン</td><td rowspan="4">セリン</td><td rowspan="2">チロシン</td><td rowspan="2">システイン</td><td>U</td><td rowspan="16">3番目の塩基</td></tr>
<tr><td>C</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ロイシン</td><td rowspan="2">終止コドン</td><td>終止コドン</td><td>A</td></tr>
<tr><td>トリプトファン</td><td>G</td></tr>
<tr><td rowspan="4">C</td><td rowspan="4">ロイシン</td><td rowspan="4">プロリン</td><td rowspan="2">ヒスチジン</td><td rowspan="4">アルギニン</td><td>U</td></tr>
<tr><td>C</td></tr>
<tr><td rowspan="2">グルタミン</td><td>A</td></tr>
<tr><td>G</td></tr>
<tr><td rowspan="4">A</td><td rowspan="3">イソロイシン</td><td rowspan="4">トレオニン</td><td rowspan="2">アスパラギン</td><td rowspan="2">セリン</td><td>U</td></tr>
<tr><td>C</td></tr>
<tr><td rowspan="2">リシン</td><td rowspan="2">アルギニン</td><td>A</td></tr>
<tr><td>メチオニン</td><td>G</td></tr>
<tr><td rowspan="4">G</td><td rowspan="4">バリン</td><td rowspan="4">アラニン</td><td rowspan="2">アスパラギン酸</td><td rowspan="4">グリシン</td><td>U</td></tr>
<tr><td>C</td></tr>
<tr><td rowspan="2">グルタミン酸</td><td>A</td></tr>
<tr><td>G</td></tr>
</table>

問(4)　下線部(c)タンパク質Xに関する記述として最も適切なものを以下から1つ選び，番号を記せ。

①　mRNAのUAGコドンにチロシンを結合させるタンパク質である。
②　mRNAのオペレーター領域にチロシンを結合させるタンパク質である。
③　$tRNA^{Arc}$のアンチコドン領域にチロシンを結合させるタンパク質である。
④　$tRNA^{Arc}$の3′末端にチロシンを結合させるタンパク質である。
⑤　リボソームの大サブユニットにチロシンを運搬するタンパク質である。
⑥　リボソームの小サブユニットにチロシンを運搬するタンパク質である。

問(5)　下線部(d)タンパク質Yはどのような機能のタンパク質だと考えられるか。25字以内で記せ。

問(6)　下線部(e)タンパク質Zはどのような機能のタンパク質だと考えられるか。25字以内で記せ。

問(7)　下線部(f)に関して，この条件下で大腸菌コロニーが生育するために必要とされるUAGコドンの役割を40字以内で記せ。ただし，アルファベットも1文字として扱うこととする。

問(8)　下線部(g)に関する以下の問に答えよ。

ある条件下での生育の可否を確認することにより，UAGコドンに対してヨードチロシンを導入する大腸菌コロニーを選別した。選別の方法として最も適当なものを以下から1つ選び，番号を記せ。

①　テトラサイクリンを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときには生育できないコロニーを選ぶ。

②　クロラムフェニコールを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときには生育できないコロニーを選ぶ。

③　アンピシリンを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときには生育できないコロニーを選ぶ。

④　テトラサイクリンを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときにも生育できるコロニーを選ぶ。

⑤　クロラムフェニコールを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときにも生育できるコロニーを選ぶ。

⑥　アンピシリンを含みヨードチロシンを含まない培地に植え継いだときにも生育できるコロニーを選ぶ。

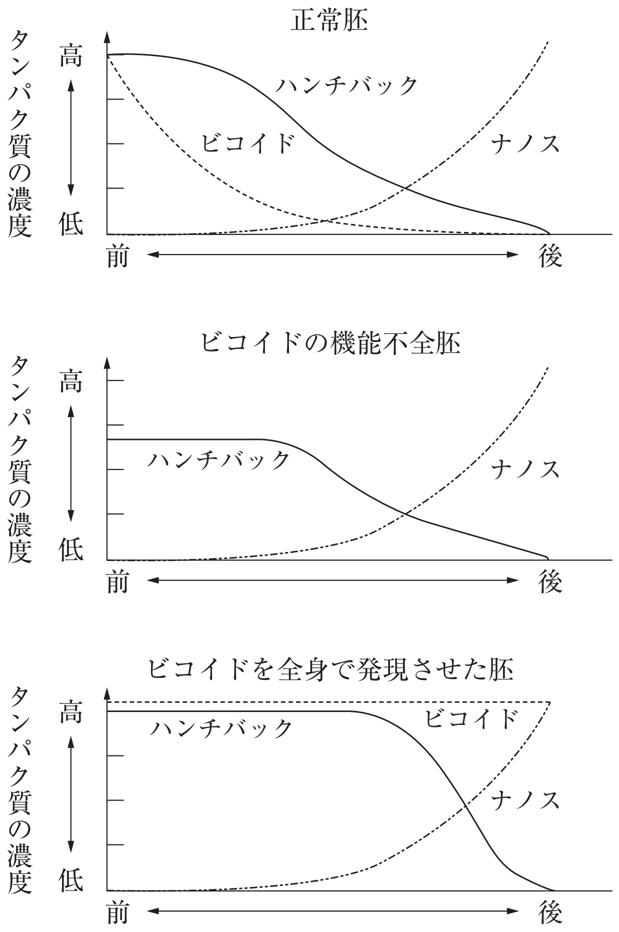
第２講　生殖と発生

【１】 以下の文を読み，問1～問6に答えなさい。

カエルでは，受精時から第一卵割までのあいだに，卵の［ア］が起きる。この［ア］によって精子侵入点の反対側の赤道部に［イ］が生じる。この［イ］の側は将来の［ウ］側になる。一方，ショウジョウバエの未受精卵には，［エ］であるビコイドmRNAが胚の前端に，ナノスmRNAが胚の後端に局在している。これらの局在パターンが前後軸の決定に重要な役割を果たしている。その後，細胞が増殖した胚は，やがて細胞群ごとに区画化されていく。これは［エ］が各種［オ］遺伝子の発現を制御し，その［オ］遺伝子から合成されるタンパク質が次の段階の［オ］遺伝子の発現を段階的に制御しているためである。最終的には各種ホメオティック遺伝子が体の各部位で発現し，体節ごとに決まった構造を生み出す。

問１　文中の［ア］～［オ］に入る最も適切な語句を書きなさい。

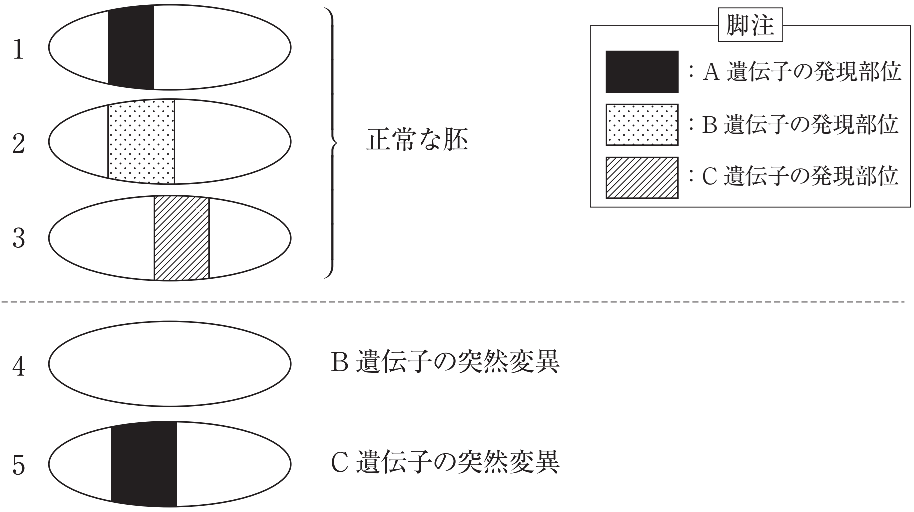
問２　ショウジョウバエの胚においてビコイド，ナノス，およびそれらによって制御されるギャップ遺伝子の一種であるハンチバックのタンパク質は，前後軸に沿って，図上段（正常胚）のような分布を示している。さらに，ビコイドの機能を失った突然変異胚でのハンチバックタンパク質の分布を中段に，遺伝子組換え技術によりビコイドを全身で発現させた胚におけるハンチバックタンパク質の分布を下段に示した。これら3種の胚におけるタンパク質の分布パターンから導くことができる結論を次の①～⑬の文章から１つ選び，番号で答えなさい。



① ビコイドはハンチバックのタンパク質合成を阻害する。
② ビコイドはハンチバックのタンパク質合成を促進する。
③ ビコイドはナノスのタンパク質合成を阻害する。
④ ビコイドはナノスのタンパク質合成を促進する。
⑤ ナノスはハンチバックのタンパク質合成を阻害する。
⑥ ナノスはハンチバックのタンパク質合成を促進する。
⑦ ナノスはビコイドのタンパク質合成を阻害する。
⑧ ナノスはビコイドのタンパク質合成を促進する。
⑨ ハンチバックはビコイドのタンパク質合成を阻害する。
⑩ ハンチバックはビコイドのタンパク質合成を促進する。
⑪ ハンチバックはナノスのタンパク質合成を阻害する。
⑫ ハンチバックはナノスのタンパク質合成を促進する。
⑬ この実験からはいずれの結論も得られない。

問３　ナノスのタンパク質が問2の図の上段のような濃度勾配を形成する機構をナノスのmRNAの分布パターンも踏まえて40字以内で書きなさい。

問４　下図の１，２，３では，それぞれギャップ遺伝子Ａ，Ｂ，Ｃが発現している部位を脚注のように示している。これらＢ，Ｃのタンパク質はＡ遺伝子の発現を制御していることが知られている。下図４，５はそれぞれＢ，Ｃ遺伝子に突然変異が生じ，その機能が失われた胚におけるＡのタンパク質の分布を示している。遺伝子組換え技術を用いてＢあるいはＣ遺伝子を胚全体で発現させた際のＡ遺伝子の発現部位を１～５の図を参考に黒く塗りつぶしなさい。発現部位がない場合は「なし」と記せ。



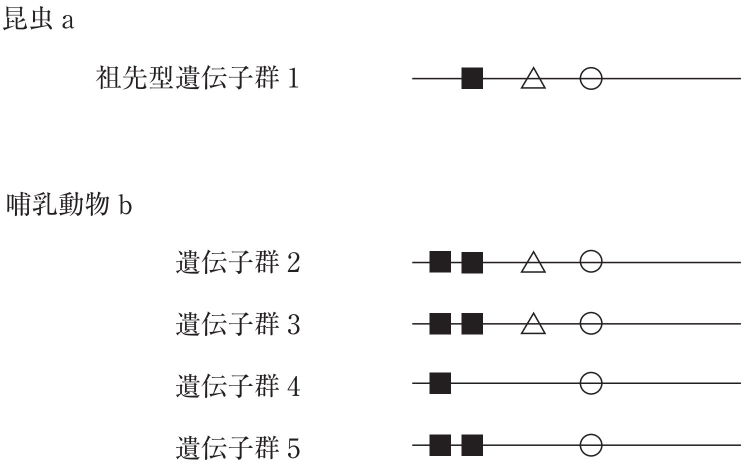
問５　下線部のホメオティック遺伝子の染色体上の並び方には，ある特殊な規則性が存在する。この規則性を20字以内で書きなさい。

問６　一連のホメオティック遺伝子群はショウジョウバエでは染色体上の１箇所に，哺乳動物では４箇所に存在している。ある昆虫ａは哺乳動物の祖先型遺伝子群１をもっている。この遺伝子群１と哺乳動物ｂのホメオティック遺伝子群の並び方を遺伝子群ごとに下図に示した。昆虫ａの遺伝子群１から哺乳動物ｂの遺伝子群２～５は合計５回の出来事（１段階目から５段階目）によってつくりだされた。なお，これらのうち２回の出来事は全染色体の倍化であった。

各遺伝子群で起きた出来事を説明している文を1～7の中から選び，その出来事が起きた遺伝子群番号とともに順に並べなさい。ただし，2つの遺伝子群の祖先となる遺伝子群になんらかの出来事が起きた場合は，例にならってその両方の遺伝子の番号を答えなさい。

解答例

遺伝子群	出来事
１	４
２，３	３
—	１



＊図中の■，△，○はそれぞれの動物における相同なホメオティック遺伝子を示す。

１．全染色体の倍化が起きた。
２．遺伝子■が重複した。
３．遺伝子■が欠失した。
４．遺伝子△が重複した。
５．遺伝子△が欠失した。
６．遺伝子○が重複した。
７．遺伝子○が欠失した。

【２】

次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

ブレナーは，発生や神経形成メカニズムの解明を目的として，*Caenorhabditis elegan*（以後，センチュウと呼ぶ）を多細胞生物のモデル生物として確立することを主導した人物である。センチュウは，研究室では大腸菌を餌として寒天培地上で容易に飼育することができる。有性生殖を行う2倍体であり，体長は約1mmで，成体の体でも僅か1000個程の細胞でできている。通常雌雄同体で，１個体の生殖巣の中で卵と精子が共に作られ体内受精して陰門から産出される（図１）。１個体は300～400の受精卵を産み，３日で成体になる。そして性染色体の不分離により約0.2％の割合で雄が生ずる。

ブレナーらは，まずセンチュウの遺伝学的研究手法を確立した。(a)薬剤で点突然変異を導入し，形態，運動など，表現型を実体顕微鏡下で容易に見分けられる変異体を見つけていった。また雄個体と雌雄同体個体を交配させ，染色体の組み換えや遺伝子地図の作成などにも次々と成功した。

同僚のサルストンは，センチュウの発生においてそれぞれの細胞がどのように分裂し何に分化したかを追跡・記録して全細胞の細胞系譜を明らかにした。センチュウの体は透明で，特殊な顕微鏡下では全ての細胞の核を生きたまま視認することができた。そこで彼は，一匹のセンチュウが動きながら成長を続けられる状態で一つ一つの細胞の核や分裂を顕微鏡下で追跡し，孵化後の幼虫から成虫までの細胞系譜を完成した。続いて(b)受精卵から孵化までの細胞系譜も同様の方法で明らかにされ（図２），ついに一つの受精卵から成体までの全細胞系譜が決定された。さらに，雌雄同体の胚では671個の細胞が生じ，113個の決まった細胞が細胞死を引き起こすこと，そして細胞系譜は個体によらず一定していることも明らかになった。

発生運命に従って決まった時期に細胞が死を迎える現象をプログラム細胞死と呼ぶ。センチュウの細胞で細胞死を迎えた細胞の核は特徴的な凝集を示し容易に顕微鏡下で識別できる。ホルビッツらは上述の結果を拠り所にして，細胞核の凝集を指標に細胞死の変異体を複数作成した。その中で(c)最も重要な変異体は*ced*（*cell-death abnormal*）*-3*変異体と*ced-9*変異体であろう。*ced-3*変異，*ced-9*変異ともに正常遺伝子の機能が損なわれた劣性変異である。劣性ホモ接合体の*ced-3*変異体，あるいは*ced-9*変異体で，発生のある部分の細胞系譜に注目すると細胞死の出現パターンに異常が観察される（図３）。高等動物でもアポトーシスとして細胞死が知られていたが，センチュウの研究は細胞死に関わる遺伝子を次々と明らかにし，細胞死のメカニズム解明への道を切り開いた。CED-3タンパク質とCED-9タンパク質は(d)ヒトのアポトーシスの主要調節因子と相同な分子であることが今では明らかになっている。

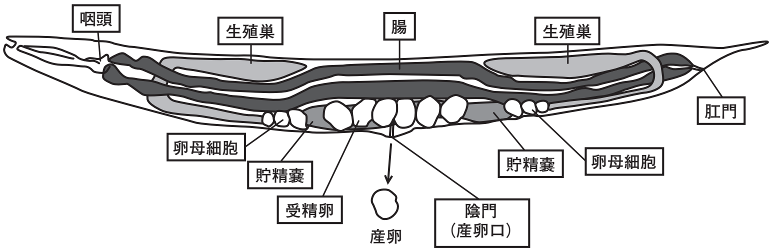


図１　センチュウの成体の体構造

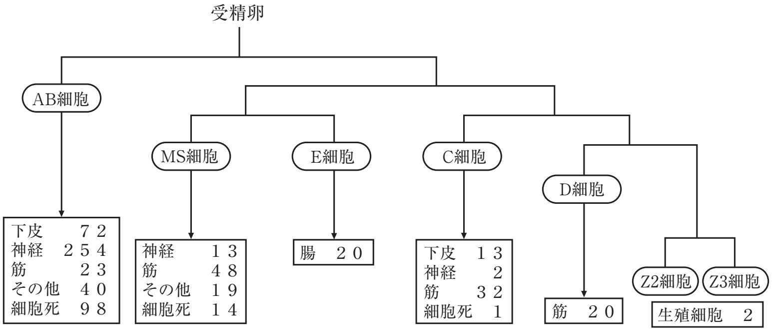


図２　受精卵からの初期卵割の細胞系譜と細胞分化の概要

（角の丸い枠）は割球細胞を意味し、（四角い枠）は孵化の段階で分化した細胞種と細胞数を示している。
また、各分岐は１回の細胞分裂を意味する。

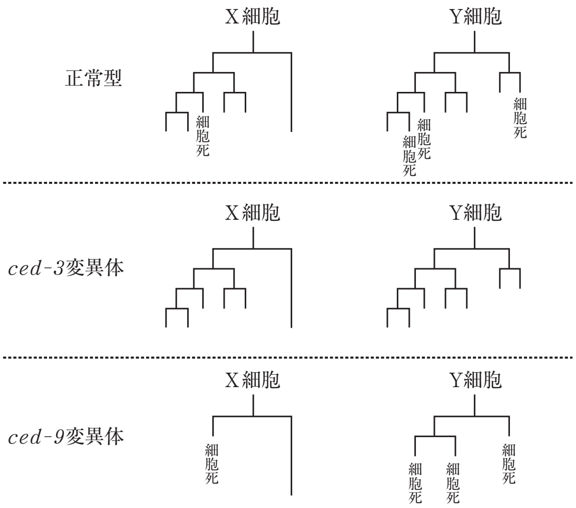


図３　*ced-3*変異体と*ced-9*変異体のＸ細胞とＹ細胞の系譜で見られる細胞死異常の表現型

分岐は一回の細胞分裂を意味する。細胞死の表記のない細胞は生存している。

問１　センチュウは，寄生性の回虫と同じ動物門に属する。その動物門名を答えよ。

問２　雌雄同体の生物種を以下の(あ)〜(お)より２つ選び記号で答えよ。

(あ)　ミミズ　(い)　オオカミ　(う)　アブラムシ

(え)　カタツムリ　(お)　クマノミ

問３　下線部(a)について，薬剤の作用でセンチュウの運動制御に関わる常染色体上の正常遺伝子Uに点突然変異が導入され，潜性(劣性)変異遺伝子uが生じたとする。変異遺伝子uのホモ接合体(uu)は運動制御が不全のため，寒天培地上で独特の奇妙な動きを見せる。いま，遺伝子型Uuの雌雄同体の親１匹が200個の受精卵を生んだとして，寒天培地上の子(F_1)で奇妙な動きを見せる個体数を答えよ。

問４　下線部(b)について，図2は受精卵から初期卵割の細胞系譜と，各割球から分化・派生する細胞種の概要である。この図よりセンチュウの胚の割球と３胚葉の分化について考えられることを2つ挙げよ。

問５　下線部(c)について，図３を参考にしながら以下の(1)〜(3)に答えよ。

(1)　図３より，正常野生型と比較して*ced-3*変異体と*ced-9*変異体の表現型の特徴をそれぞれ簡潔に答えよ。

(2)　*ced-3*と*ced-9*の正常型遺伝子の働きは，プログラム細胞死を促進するか抑制するか。

(3)　雄の*ced-3*変異体では，雄型の神経細胞に加えて，雄にはないはずの雌雄同体特有の神経細胞もみられた。この結果から分かるセンチュウにおける雄と雌雄同体の神経形成のメカニズムを記せ。(60字以内)

問６　下線部(d)について，ヒトの発生や恒常性の維持において，アポトーシスが細胞数を減らす役割を果たす例を2つ挙げよ。

＜Note＞

第３講　生物の環境応答

【１】 次の文章を読み，問い(問１～問３)に答えよ。

生物はさまざまな目的で光を利用している。体外の光エネルギーを生物の体内の物質が持つ化学エネルギーに変換するため，植物は光合成を行う。しかしエネルギー源としてではなく，周囲の状況を知るために光が利用されることもある。たとえばヒトでは，眼においてレンズの働きをする［(あ)］を通過した光が像を結ぶ面である［(い)］に並んでいる［(う)］細胞によって光の強弱が神経の信号に変換され，個体の周囲の光の強さや波長の空間的な分布を知ることができる。これとは別に，季節による１日の昼と夜の長さの変化に対応した生理的な応答が生物の体内で起きることもある。植物の開花では長日植物と(a)短日植物が知られていて，農業では栽培植物の開花時期の人為的な調節に光が利用されることがある。

温度も環境を知るために利用されることがあり，(b)強い寒さによって休眠が打破されたり，花芽が形成されたりする現象が知られている。他方で，ある期間の積算温度が期間内の生化学反応の総量を決めることもあるが，これと類似した現象として(c)一定の値を超えた温度の積算値(積算温度)が生物の成長量や，気候に対応した生物の分布に影響する現象も知られている。

問１．文中の［(あ)］～［(う)］にあてはまる適切な語句を記入せよ。

問２．下線部(a)～(c)について以下の問いに答えよ。

(1) 下線部(a)の用語を30字以内で説明せよ。なお，句読点は文字数に含む。

(2) 下線部(b)の現象を表す用語を答えよ。

(3) 下線部(c)に関して日本周辺におけるバイオームの分布を説明する場合に用いられる積算温度(指数)の名称を答えよ。

問３．照葉樹林バイオームの里山において，3年間に49回にわたって決められた経路を歩き，野生の植物55種の花や実，葉の有無を調べた。その結果，それぞれの調査時点における花や実，葉の有無の記録として49個の調査サンプルを得た(表)。この調査サンプルを統計的に処理し，花や実，葉の有無において類似した調査サンプルをグループ化したところ，5つのまとまりが得られた。これを生物学的な季節と見なし，それぞれに生物学的冬(Ⅰ)，生物学的早春(Ⅱ)，生物学的春(Ⅲ)，生物学的夏(Ⅳ)，生物学的秋(Ⅴ)の名称を与えた。たとえば生物学的冬(Ⅰ)に属する調査サンプルでは共通して多くの種が落葉し，花をつけている種は少なかった。生物学的早春(Ⅱ)に属する調査サンプルでは種Aなどの花が観察された(表)。暦が同じ日であっても年により寒暖に差があったが，気温(調査日の前7日間の平均値)の違いに対応して年により開花時期が異なる種と，気温の違いにかかわらず暦の上で決まった時期に開花する種があった。

日長と気温を座標軸としたグラフを作成し，このグラフの上に49個の調査サンプルの位置を示した(図)。また調査した55種の植物の花や実，葉の有無によって統計的に区分した各調査サンプルの生物学的季節を，記号(◇や▲など)により表示した。この図を見て，以下の(1)～(3)に答えよ。

表　ひとつの地域でさまざまな植物の花や実，葉の有無を３年間にわたって調べた記録の仮想的な例。データの一部として49個の調査サンプルのうち３つの調査サンプル(①～③)を，また調査した55種のうち２種(種Aと種B)を示す。

調査サンプル	調査年	調査年月	日長(時間)	気温(℃)	種A			種B		
					花	実	葉	花	実	葉
①	1年目	a月b日	10.43	4.9	無	有	無	無	無	無
②	2年目	c月d日	12.78	10.7	有	有	有	無	無	有
③	3年目	e月f日	10.13	10.7	無	無	有	無	有	有

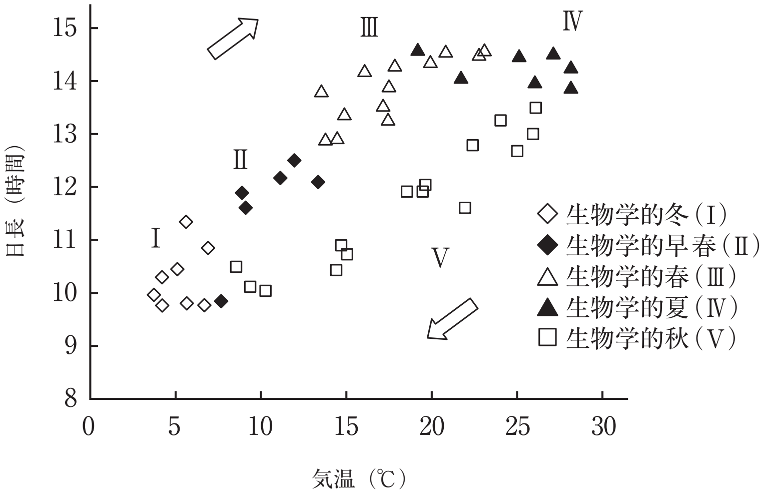


図　照葉樹林バイオームの里山における生物学的季節。グラフの各点は調査サンプルである。調査した55種の花や実，葉の有無にもとづいて区分した生物学的季節（Ⅰ～Ⅴ）を記号で示す。矢印は季節が進行する方向を示す。

⑴　表中の調査サンプル①はどの生物学的季節に所属すると考えられるか。図から読み取り解答せよ。

⑵　生物学的冬（Ⅰ）と，隣接する2つの季節である生物学的秋（Ⅴ）および生物学的早春（Ⅱ）との間の移行について，図から読み取ることができることを日長と気温の語を用いて50字以内で説明せよ。なお，句読点は文字数に含む。

⑶　生物学的夏（Ⅳ）から生物学的秋（Ⅴ）への移行について，図から読み取ることができることを日長と気温の語を用いて40字以内で説明せよ。なお，句読点は文字数に含む。

【2】

〔Ⅰ〕 動物の行動と神経系について考えよう。行動は，環境から情報を集める［ア］，環境に対して働きかける［イ］，［ア］からの情報を統合して［イ］への適切な指令をおこなう神経系，これらが連携することにより実現されている。神経系は，ニューロンと［ウ］の2種類の細胞から構成され，ニューロンが構築する神経回路での電気信号処理が，行動制御の基盤となっている。信号を受け取っていないニューロンの膜電位は，細胞外を基準として約-70mVで，これを静止電位とよぶ。細胞内外のイオン濃度は，それぞれのイオンで異なる。細胞内のナトリウムイオン(Na^{+})濃度は細胞外に比べて低い。一方，細胞内のカリウムイオン(K^{+})濃度は細胞外に比べて高い。(a)このような細胞内外のイオン濃度の違いが，膜電位の発生には重要である。ニューロンが十分な刺激を受けると，活動電位とよばれる急速な膜電位変化を示す。活動電位は，刺激がある強さ以上になったときに生じ，このときの刺激強度を［エ］とよぶ。活動電位の大きさは，［エ］よりも強い刺激でも変化しない。この性質を［オ］という。

問(1) ［ア］～［オ］に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)について，「操作Ａ：細胞内のNa^{+}濃度を増加させる」と「操作Ｂ：細胞内のK^{+}濃度を増加させる」，いずれかの人為的操作をしたニューロンについて考えよう。静止電位の絶対値は，ＡとＢそれぞれの操作をおこなったニューロンでは，操作前に比べてどのようになるか，以下の①～③から適切なものを選び，番号を記せ。なお，それぞれのイオン濃度操作は，活動電位を生じさせるほどの変化ではなく，静止電位形成時のNa^{+}透過性は0であると仮定せよ。

① 静止電位の絶対値は小さくなる。　② 静止電位の絶対値は大きくなる。
③ 静止電位の絶対値は変わらない。

問(3) 活動電位を生じたとき，膜電位は一過的に正の値をとる。この正の膜電位の最大値を「活動電位のピーク値」とする。問(2)と同様，操作Ａと操作Ｂそれぞれの人為的操作をしたニューロンでは，活動電位のピーク値は操作前のニューロンに比べてどのようになるか，その予想と理由を，以下の語群のいずれかを組合せて記せ。ただし，活動電位のピーク値には，電位依存性K^{+}チャネルも寄与していると仮定せよ。

〔語群〕
「電位依存性Na^{+}チャネルを通るNa^{+}の流入量」「K^{+}チャネルを通るK^{+}の流出量」
「活動電位のピーク値」　「大きくなる」
「小さくなる」　「変わらない」

〔Ⅱ〕 動物行動の例として，コオロギの歌コミュニケーションを考えよう（図１）。雄のコオロギは，翅(はね)を使って雌を呼び寄せるための歌を発する。翅にはやすり状の突起があり，翅を閉じるときに，これらの突起を連続的にはじくことにより，約1,000ヘルツの音が生ずる。この音の周波数を「搬送周波数」とよぶ。翅を1回閉じるときに生ずる音を「シラブル」とよぶ。翅を開くときには音は生じないため，翅を複数回開閉すると，無音の期間ではさまれた複数のシラブルが連続して生ずる。単位時間あたりのシラブルの数を「シラブル頻度」とよぶ。送信者としての雄が示す歌の音響パラメーターは，遺伝的に決定されている。一方，雌は歌を発することはなく，受信者として同種の雄の発する歌をより好んで誘引される。すなわち，「搬送周波数」や「シラブル頻度」といった雄の発する歌の音響パラメーターは，種特異的な値をもち，雌はそれらを識別することにより，コミュニケーションが成立しているのである。

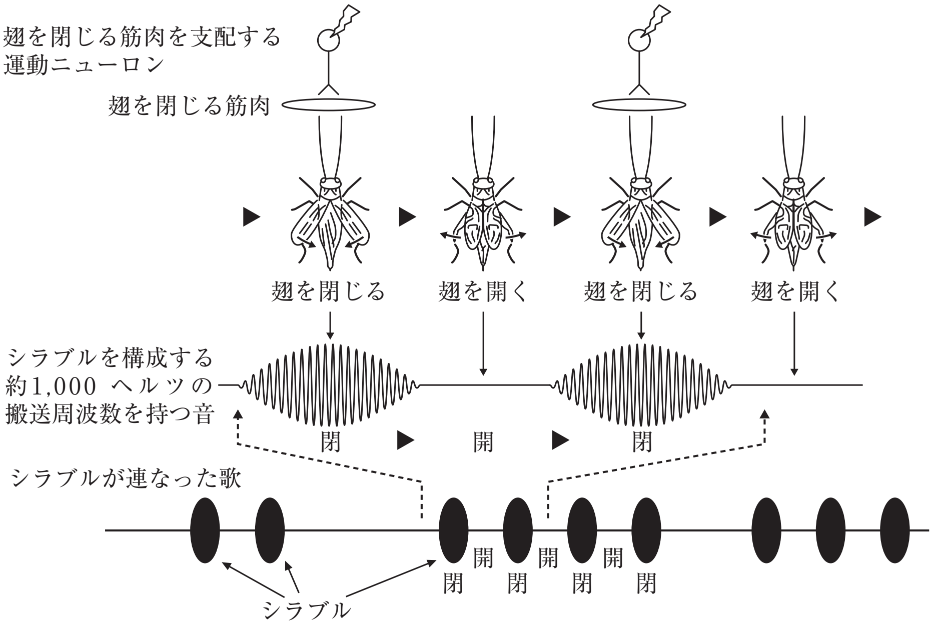


図１　コオロギの歌の生成とその音響パラメーター

歌の音響パラメーターの遺伝様式を調べるために，近縁2種のコオロギの交配により得られる，雑種第一代(F_1)の雄個体が発する歌について解析した。使用した種Ａと種Ｂは，純系のホモ接合体であり，搬送周波数とシラブル頻度は各々の種で異なる。母親が種Ａで父親が種ＢであるF_1を「雑種AB」とし，母親が種Ｂで父親が種ＡであるF_1を「雑種BA」とする。種Ａの雄の歌を「歌Ａ」，種Ｂの雄の歌を「歌Ｂ」，雑種ABの雄の歌を「歌AB」，雑種BAの雄の歌を「歌BA」とする。歌の音響パラメーターを調べたところ，歌ABと歌BAの搬送周波数は，歌Ａと歌Ｂの中間値を示した。一方，歌ABは歌Ａと同じシラブル頻度であり，歌BAは歌Ｂと同じシラブル頻度であった。(b)<u>これらのコオロギは，XO雄ヘテロ型の性決定様式であるため，雄は母親由来の１本のＸ染色体のみをもつ。雌</u>

は母親由来と父親由来の２本のＸ染色体をもつ。これらのことから，シラブル頻度を決定している遺伝子はＸ染色体上に存在すると推定された。

問(4)　下線部(b)のような遺伝様式の名称を記せ。

問(5)　翅を閉じる筋肉の１回の収縮は，この筋肉を支配する運動ニューロンに生じた１回の活動電位によって生ずる。したがって，翅の大きさなどの外部形態に差がない場合，搬送周波数の違いは翅を閉じる速度に依存していると想定できる。搬送周波数が大きくなるのは，以下の①～⑤のうちどの条件か，適切な番号をすべて記せ。

①　運動ニューロンの軸索が太くなり，活動電位の伝導速度が速くなったとき。
②　運動ニューロンの神経終末の電位依存性Ca^{2+}チャネルの数が増えたとき。
③　運動ニューロンからの神経伝達物質の放出量が増えたとき。
④　神経筋接合部での神経伝達物質の分解が促進されたとき。
⑤　翅を閉じる筋肉上の神経伝達物質受容体の数が増えたとき。

問(6)　搬送周波数もシラブル頻度も，それぞれ１つの遺伝子によってその形質が決定されると考えよう。搬送周波数を決めている遺伝子をC遺伝子とし，種ＡのC遺伝子をC^A，種ＢのC遺伝子をC^Bとする。同様に，シラブル頻度を決めている遺伝子をS遺伝子とし，種ＡのS遺伝子をS^A，種ＢのS遺伝子をS^Bとする。このとき，種Ａ雌の遺伝子型は「$C^AC^AS^AS^A$」と，種Ｂ雌の遺伝子型は「$C^BC^BS^BS^B$」と表記できる。シラブル頻度を決める遺伝子は，Ｘ染色体上に存在すると考えられるため，Ｘ染色体を１つしかもたない種Ａ雄の遺伝子型は「$C^AC^AS^A$_」と表記でき，種Ｂ雄の遺伝子型は「$C^BC^BS^B$_」と表記できる。ここで，「_」は相同染色体が存在しないことを意味している。これらの表記法に従い，①雑種ABの雌，②雑種ABの雄，③雑種BAの雌，④雑種BAの雄，それぞれの遺伝子型を記せ。

問(7)　歌A，歌AB，歌BA，歌B，以上4種類の歌に対する，種Ａの雌の選好性を調べた。その結果，それぞれの歌に対する選好性の強さは，歌Ａに対する強さを1とすると，歌AB＝0.8，歌BA＝0.2，歌B＝0.1であった。歌の2つの音響パラメーターである「搬送周波数」と「シラブル頻度」について，雌の選好性への寄与の違いを100字程度で記せ。

問(8)　種Ａの雌に対して，雑種ABの雄を戻し交配し，次世代BC_1の雄が得られたとしよう。歌A，歌AB，歌BA，歌B，それぞれと同じ音響パラメーターをもつ歌を発するBC_1雄の個体数の比「歌Ａ：歌AB：歌BA：歌B」を計算し記せ。ただし，いずれの交配でも，染色体間の組換えは起こらないと仮定せよ。

第４講　生態系と進化

【１】 次の文章を読み，下の問いに答えよ。

愛知県の水田には，ニホンアマガエル(以下，アマガエルと記述)，トノサマガエル，ヌマガエルがしばしば共存するが,それぞれの種の幼生の生息密度は水田ごとに大きくばらつく。N君はこのことに興味を持ち，以下の調査を行った。

調査Ⅰ：ある2つの水田地域(地点①，地点②)に自動録音装置を置き，毎晩定刻の5分間，カエルの鳴き声を録音した。地点①は一年中水が張られているのに対し，地点②は5月15日に水張りが行われ，それ以前には水がない。録音データ中の，各種の鳴き声を確認したところ，図1が得られた。

調査Ⅱ：ある水田内の5ヶ所において，40cm × 20cmの木枠を沈め，枠内の幼生の種類と個体数を調べた。5ヶ所のデータを合算して1枚の水田の値とし，これを93枚の水田において繰り返した。調査は6月中旬に集中して行った。いずれの水田でも子ガエルへの変態は起こっていなかった。各水田におけるヌマガエル幼生の個体数と，他種(アマガエル，トノサマガエル)幼生の個体数の関係を調べたところ，図2が得られた。

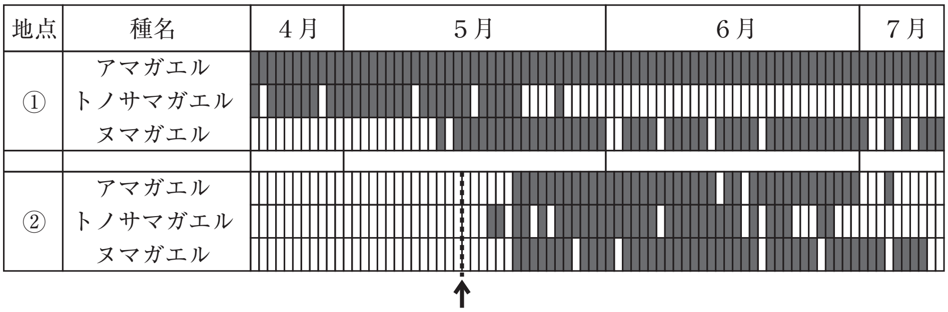


図１　地点①と地点②におけるアマガエル，トノサマガエル，ヌマガエルの音声の確認状況。各長方形は１日分を現し，少しでも音声の確認できた種について灰色に塗りつぶした。地点②において水田に水張りがなされた日（5月15日）には矢印を付した。

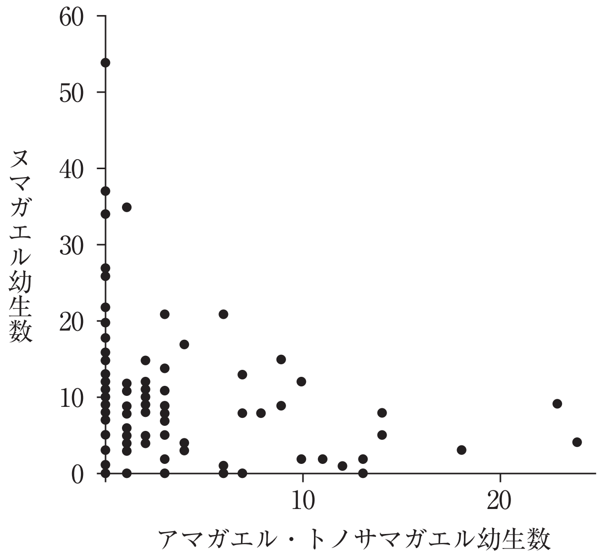


図２　各水田で採集されたアマガエル・トノサマガエル幼生の個体数の合計を横軸に，ヌマガエル幼生の個体数を縦軸に示した図。１つの点が１枚の水田を表す。

以下は，図1，図2を見たＮ君と指導教員Ｓ先生の会話である。

会話1

Ｓ先生：　我々がよく聞くカエルの鳴き声は『繁殖音』と言って，繁殖期のオスがメスを誘引するための声だ。つまり，図1で灰色に塗られた期間はおおむね産卵期と対応している。

Ｎ　君：　地点①と地点②は同じ愛知県の水田で，標高も周囲の環境もほぼ同じなのに，アマガエルやトノサマガエルの産卵期はずいぶん違いますね。

Ｓ先生：　アマガエルやトノサマガエルは，産卵に適した水域があれば，まだ水の冷たい4月から産卵を始められるが，水域がない場合は繁殖の開始を遅らせることも可能なんだ。一方，ヌマガエルは，そもそもある程度水温の上がった5月中旬にならないと活発に産卵しないから，地点①と②でそれほど繁殖開始の時期が違わなかったんだろう。

Ｎ　君：　どうしてそんな種ごとの差が出るんでしょうか。

Ｓ先生：　彼らの分布様式にヒントがあるかも知れない。ここに2枚の地図がある(図3A, B)。片方がアマガエルの分布，もう片方はヌマガエルの分布だ。ＡとＢのどっちがアマガエルかわかるかい？

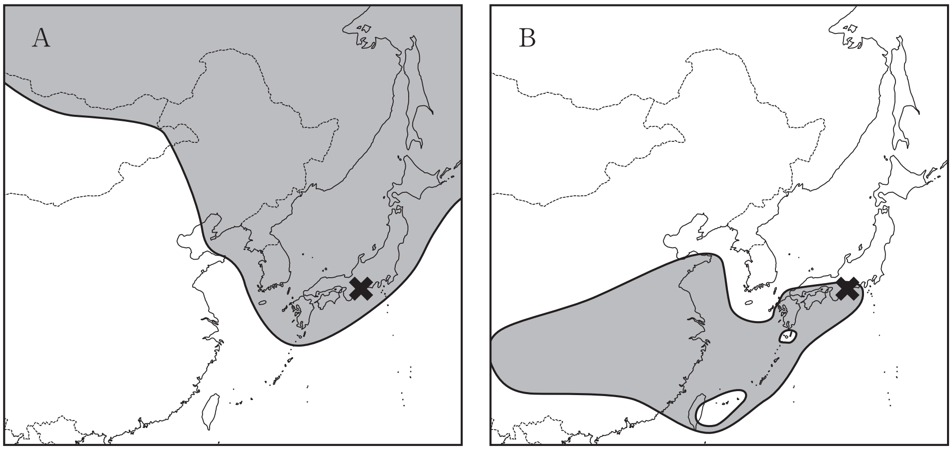


図３　２種のカエルの分布図の概略。外来種として移入した地域を除く。
✖：愛知県の位置。

会話２

N　君：　それにしても，図2を見ると，ヌマガエルの幼生と他種の幼生との間には，何らかの関係がありそうですね。

S先生：　そうだな。しかし，種間の直接的な関係性があるかどうかはまだわからないよ。たとえば，ヌマガエルが好んで産卵する環境とトノサマガエルやアマガエルが好んで産卵する環境が異なっていて，この結果は単に好みの違いを反映しているだけかも知れない。

N　君：　そういう間接的な影響については実験的な検証が難しいですね。他種幼生の存在が直接ヌマガエルに何か影響を与えていると仮定すれば，もう少し仮説を絞れるんですが。

S先生：　そうか。どんな仮説が考えられる？

N　君：　それについてはいくつかアイディアがあるので，来シーズンの課題にしてみます。

N君は翌年，以下の３つの実験を行った。

実験１：コンクリート製の囲いに泥を敷き，その上に浅く水を張った皿を32個，半分泥に埋めて並べた。そのうえで，半数の皿にのみトノサマガエルの幼生を３個体ずつ入れた。この囲いにヌマガエルのオス16個体，メス16個体を入れ，一晩放置した。この試行を５回繰り返した結果，幼生入り皿は14個，幼生なし皿は11個が産卵場所として利用され，利用頻度が偏っているようには見えなかった。

実験２：飼育容器を40個用意し，浅く水を張って，ヌマガエルの卵を１容器に10個入れた。そのうえで，半数の容器にのみトノサマガエルの幼生を１個体ずつ入れた。一晩放置したところ，幼生なしの容器に入れた卵は平均9.7個残っていたが，幼生入りの容器に入れた卵は平均1.6個残っており，両者の間には明確な差が認められた。また実験中，トノサマガエル幼生による卵の捕食が確認された。

実験３：飼育容器を40個用意し，１容器あたり３個体のヌマガエル幼生を入れた。そのうえで，半数の容器にのみトノサマガエル幼生を１個体ずつ入れた。この飼育容器について，餌やりと水替えを適宜行い，２週間後のヌマガエル幼生の死亡率を比較した。その結果，トノサマガエル幼生と同居したヌマガエル幼生の死亡率は19.0％，同居させなかったヌマガエル幼生の死亡率は9.5％で，若干の差はありつつも，明確な差とは言えなかった。

（出典：Current Herpetology 36⑵ 2017，Current Herpetology 37⑴ 2018改変）

問１　調査Ⅱにおいて，単に幼生を網ですくい取るのではなく，枠をはめてその中の個体を採集する区画法（コドラート法・方形枠法）を用いる理由を説明せよ。

問２　会話１の最後のＳ先生の問いかけに対して，図３ＡとＢのどちらの分布図がアマガエルのものであると考えられるかを推測し，その根拠を説明せよ。

問３　実験１，２，３は，トノサマガエル幼生の存在がヌマガエル幼生の生息密度に何らかの影響をもたらしていると仮定して，その具体的な機構に関する仮説を検証するための実験である。Ｎ君はそれぞれどんな仮説を立てたのか，実験ごとに説明せよ。

問４　ヌマガエルが，これまで生息していなかった水田に進出する際に，どのような水田に定着しやすいことが想定されるか，この問題の文章の内容を踏まえて仮説を立て，なぜそうした水田に定着しやすいと推測できるのか，その理由を説明せよ。

【2】

次の〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕の文章を読み，以下の問(1)～(8)に答えよ。

〔Ⅰ〕 哺乳類は中生代三畳紀に出現した。初期に出現した哺乳類は，現存する単孔類に近く，卵を産み，乳で子を育てる動物であったと考えられている。そののち，胎生を獲得した有袋類が出現した。中生代ジュラ紀には，［ア］が発達して十分に成長した子を産む真獣類が出現した。新生代に入ると，哺乳類の系統では，さまざまな環境に適応した種(しゅ)が出現し，多様化が進んだ。たとえば，クジラの祖先は海へ進出し，(a)コウモリの祖先は飛翔(ひしょう)能力を獲得して空中へと進出した。このように，進化のなかでも環境に応じて共通の祖先からさまざまな形質をもつ種が生じる現象を［イ］という。また，異なる祖先から同じような形質が進化することを［ウ］という。

中生代の三畳紀から白亜紀にかけて(b)大陸の移動による大規模な陸地の分断が起きた。中生代末期になると，(c)平爪で母指対向性の霊長類が出現した。新生代新第三紀のはじめには，霊長類から尾をもたない類人猿が出現した。約500万年前に出現したラミダス猿人は，骨盤などの構造から［エ］歩行していたと考えられており，移動様式に大きな変化が起きた。約30万年前に出現したホモ属のなかまは，ヨーロッパから中近東に分布し，現生人類と同等の容量の脳をもっていた。

問(1) ［ア］～［エ］に適切な語句を入れよ。

問(2) 文章中に二重線を引いた単孔類(A)，有袋類(B)，真獣類(C)，類人猿(D)，約30万年前に出現したホモ属(E)，に該当する動物を次の①～⑨からすべて選び，番号を記せ。複数該当する場合は，該当するすべての番号を記せ。なお，同じ番号を複数回用いてもよい。

①　ホモ・ネアンデルタール　　②　カモノハシ
③　テナガザル　　④　ホモ・エレクトス
⑤　コアラ　　⑥　ペンギン
⑦　アリクイ　　⑧　カンガルー
⑨　メダカ

問(3) 下線部(a)について，コウモリの翼の相同器官に該当するものを，次の①～⑤からすべて選び，番号を記せ。

①　カブトムシの前脚　　②　シーラカンスの胸びれ
③　ニワトリの翼　　④　アゲハチョウの前翅(まえばね)
⑤　ハツカネズミの前肢

問(4)　下線部(b)について，大陸の分断により種分化が生じたしくみを60字以内で記せ。

問(5)　下線部(c)について，霊長類において平爪と母指対向性が獲得された理由を，霊長類が適応した環境を考慮して50字以内で記せ。

〔Ⅱ〕 (d)塩基配列上に生じる突然変異には，生存に不利なもの，有利なもの，どちらでもないもの，がある。アミノ酸を指定する塩基配列の置換のうち，アミノ酸を変化させない置換を同義置換といい，アミノ酸を変化させる置換を非同義置換という。

表1と表2は，ヒト，チンパンジー，ゴリラ，オランウータンの(e)*ASPM*という遺伝子の塩基配列を用い，4種の中で2種ずつ比較して観察された非同義置換の数(表１)と同義置換の数(表２)をまとめたものである。たとえば，ヒトとゴリラの塩基配列の比較では，57個の非同義置換と33個の同義置換が観察されたことを示す。遺伝子の塩基配列を２種間で比較し，異なる塩基配列を数えると，遠縁な種ほど塩基配列の違いが多くなる傾向がある。アミノ酸配列を用いて比較しても同様に，２種間の系統的な違いに比例して，異なるアミノ酸配列の数が増える傾向が観察される。

図１は，表１と表２で用いた霊長類４種の系統関係と脳容量を示している。系統樹上の数字は，進化過程で生じた*ASPM*遺伝子の非同義置換数と同義置換数を表している。たとえば，オランウータンの系統では，他の霊長類3種との共通祖先から種分化したのちに，*ASPM*遺伝子配列上に29個の非同義置換と27個の同義置換が生じたことを示している。

表１　非同義置換数

	ヒト	チンパンジー	ゴリラ	オランウータン
ヒト		33	57	73
チンパンジー	—		52	68
ゴリラ	—	—		72
オランウータン	—	—	—	

表２　同義置換数

	ヒト	チンパンジー	ゴリラ	オランウータン
ヒト		16	33	52
チンパンジー	—		35	54
ゴリラ	—	—		59
オランウータン	—	—	—	

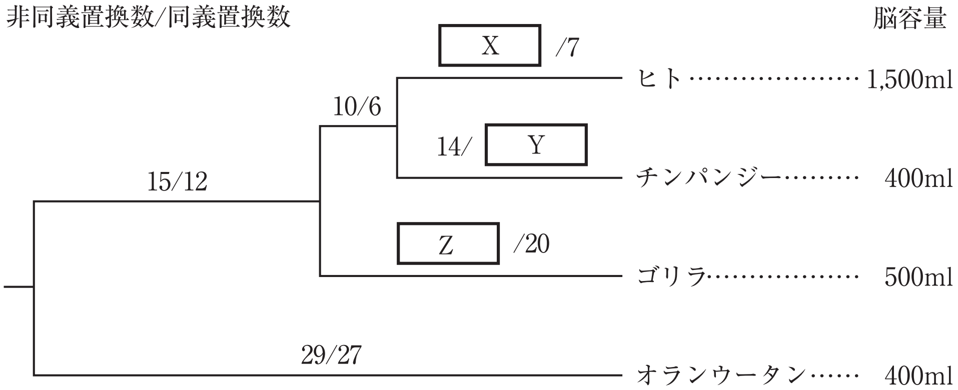


図１　霊長類の脳容量と各系統で生じた*ASPM*遺伝子の塩基置換の数

問(6)　下線部(d)について，生存に不利な突然変異は集団中から排除されるが，生存に有利な突然変異は自然選択により集団中に広まる。一方で，有利でも不利でもない突然変異が集団中に広まることがあるが，このような現象が起こる理由を50字以内で記せ。

問(7)　表１と表２をもとに，図１の［X］～［Z］に適切な数値を記せ。

問(8)　下線部(e)について，*ASPM*遺伝子は，ヒトの脳の成長において重要な役割を担うと考えられている。図１に示す通り，ヒトの脳は霊長類の中で最も大きい。進化の過程におけるヒトの脳容量の増大とともに，ヒトの*ASPM*遺伝子から合成されるタンパク質の機能が変化したと考えられている。図1をもとに，ヒトの進化過程でASPMタンパク質の機能が選択的に大きく変化したと考えられる理由を，次の語群の2つの用語を用いて50字以内で記せ。

〔語群〕

同義置換数　　　　非同義置換数

テキスト解答

第１講

【１】

問１　1　RNAポリメラーゼ　　2　オペレーター
　　3　オペロン　　4　ヌクレオソーム

問２　(ウ)

問３

(1)　(ア)

(2)　グルコースが枯渇し，ラクトースのみの培地になると，β-ガラクトシダーゼの発現が上昇する。

問４

(1)　転写促進領域…1，3，4，7　　転写抑制領域…6

(2)　(イ)　　(3)　(オ)

【２】

問(1)　RNA干渉

問(2)　・mRNAを分解する機構。　　・mRNAの翻訳を阻害する機構。

問(3)　UAA，UGA　　問(4)　④

問(5)　解答例：UAG配列を認識して翻訳を終了させる機能。

問(6)　解答例：アンピシリンが存在する培地で生育可能にする機能。

問(7)　$tRNA^{Arc}$がアミノ酸を運んできた場合のみ，タンパク質Zの翻訳を進める役割。

問(8)　③

第２講

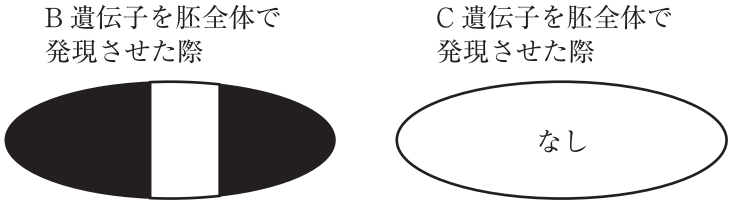
【１】

問1　ア　表層回転　　イ　灰色三日月環　　ウ　背
　　エ　母性因子　　オ　分節

問2　⑤

問3　胚の後端に局在するナノスmRNAから翻訳されたナノスタンパク質が前端に向けて拡散する。

問4　（次図）



問5　影響を及ぼす部位と同じ順番で並んでいる。

問6

遺伝子群	出来事
1	2
—	1
4，5	5
—	1
4	3

【２】

問１　線形動物門　　問２　(あ)，(え)　　問３　50個体

問４　解答例

・初期の割球と3胚葉の分化は必ずしも一致しない。

・E細胞が内胚葉性の組織を作る。・D細胞は中胚葉性の細胞しか生み出さない。

・AB細胞が最も多くの外胚葉性の細胞を生み出す。

問５　(1)　*ced-3*…細胞死が起こらない。

ced-9…本来細胞死が起こらない早い時期の細胞で細胞死が起こる。

(2)　*ced-3*…促進する。　*ced-9*…抑制する。

(3)　解答例

・発生過程において特定の神経細胞に細胞死が誘導されることで雄化が進行し，細胞死が誘導されない場合は雌雄同体となる。

問６　解答例

・手の発生における指の分離

・免疫寛容における免疫細胞の選別

第３講

【１】

問１．(あ)　水晶体　(い)　網膜　(う)　視

問２．(1)　連続した暗期の長さが一定の値を超えると花芽が分化する植物。

(2)　春化　(3)　暖かさの指数

問３．(1)　生物学的冬

(2)　ⅤからⅠへの移行は気温の低下を，ⅠからⅡへの移行は気温の上昇と日長の延長を伴う。

(3)　日長が一定の値より短くなるとⅣからⅤに移行し，気温はあまり関係しない。

【２】

〔Ⅰ〕問(1)　ア　受容器　イ　効果器　ウ　グリア細胞

エ　閾値　オ　全か無かの法則

問(2)　A　③　B　②

問(3)

A　予想…活動電位のピーク値が小さくなる。

理由…電位依存性Na^+チャネルを通過するNa^+の流入量が小さくなるため。

B　予想…活動電位のピーク値が小さくなる。

理由…K^+チャネルを通るK^+の流出量が大きくなるため。

〔Ⅱ〕問(4)　伴性遺伝　問(5)　②，③，⑤

問(6)　①　$C^AC^BS^AS^B$　②　$C^AC^BS^A_$　③　$C^AC^BS^AS^B$

④　$C^AC^BS^B_$

問(7)　搬送周波数が変化しても選好性の強さはあまり変化しないが，シラブル頻度が変化した場合は選好性の強さが大きく変化することから，シラブル頻度の方が雌の選好性への寄与が大きいと考えられる。

問(8)　1：1：0：0

第４講

【1】

問１　枠をはめることで，一定面積あたりに存在した幼生の数を正確に調べることができ，水田間で幼生の密度を比較することができる。

問２　A

根拠…アマガエルは4月下旬のまだ水温が低い時期から繁殖をする能力を持つが，ヌマガエルは5月中旬のもっと水温が上がった時期でないと繁殖できない。図Aの分布域は日本列島から北方に広がっており，より寒冷地に適応した種と推測され，低温でも繁殖できるアマガエルがそれに該当すると推測される。

問３

実験１　ヌマガエルの雌が，産卵時にトノサマガエル幼生が棲んでいる水田を避けて産卵するためにトノサマガエル幼生の多い水田でヌマガエル幼生が少なくなっているという仮説

実験２　ヌマガエルの卵を，先に存在するトノサマガエル幼生が捕食してしまうために，トノサマガエル幼生の多い水田でヌマガエル幼生が少なくなっているという仮説

実験３　トノサマガエル幼生の存在下でヌマガエル幼生の死亡率が高くなり，そのためにトノサマガエル幼生の多い水田でヌマガエル幼生が少なくなっているという仮説

問４　解答例　ヌマガエルより先に産卵するアマガエル，トノサマガエル等の種が何らかの理由で少ない水田は，卵に対する捕食者が少なく，卵の死亡率が低くなって定着しやすい。

【2】

〔Ⅰ〕問⑴　ア　胎盤　　イ　適応放散　　ウ　収束進化［収れん］　　エ　直立二足

問⑵　(A)　②　　(B)　⑤，⑧　　(C)　①，③，④，⑦　　(D)　③　　(E)　①

問⑶　②，③，⑤

問⑷　地理的隔離が起こることで，遺伝的交流がなくなり，各集団に変異が蓄積されることで生殖的隔離が成立した。

問⑸　樹上生活をしていた霊長類にとって，木の枝などをしっかり握ることができる形質を持つことは生存に有利であったため。

〔Ⅱ〕問⑹　偶然的に特定の対立遺伝子を持った個体が生き残ることで，次世代に伝えられる遺伝子頻度が変化するため。

問⑺　X　19　　Y　9　　Z　28

問⑻　チンパンジーとの共通祖先から分岐した後の同義置換数に対する非同義置換数の割合が最も大きいため。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。